



دانشگاه علوم پزشکی کرمان  
و خدمات بهداشتی درمانی کرمان

دانشکده بهداشت

پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط

عنوان:

اندازه گیری همزمان آلاینده های سرب و کادمیوم با استفاده از الکتروود خمیر کربن  
اصلاح شده با نانوکامپوزیت  $\text{Eu}^{3+}$  doped-NiO در محیط های آبی

توسط:

حسام ابوالقاسمی

استاد راهنما:

دکتر محمد ملکوتیان

استاد مشاور:

دکتر هادی محمودی مقدم

آذر ۱۳۹۹



**KERMAN UNIVERSITY  
OF MEDICAL SCIENCES**

**School of Public Health**

In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree MSC

Title:

**Simultaneous Determination of Lead and Cadmium using  
modified Carbon Paste electrode with  $\text{Eu}^{3+}$ /NiO Nanocomposite in  
Aqueous Solutions**

By:

**Hesam Abolghasemi**

Supervisor:

**Mohammad Malakootian (Ph.D.)**

Advisor:

**Hadi Mahmoudi Moghaddam (Ph.D.)**

**December 2020**

## اظہارنامہ و حق انتشار

اینجانب **حسام ابوالقاسمی** متعهد می‌شود موارد مذکور در این پایان‌نامه حاصل فعالیت‌های پژوهشی خود بوده و مسئولیت صحت داده‌ها و اطلاعات گزارش شده در این پایان‌نامه را به عهده می‌گیرم. تمامی حقوق مادی و معنوی این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمان بوده و هرگونه استفاده تنها با کسب اجازه ممکن خواهد بود. استناد به مطالب و نتایج این پایان‌نامه در صورتی که به نحو مناسبی ارجاع داده شود، بلامانع است.

امضا دانشجو  
تاریخ  
۱۳۹۹/۰۹/۲۹

## چکیده

**مقدمه:** قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین مانند سرب و کادمیوم در محیط‌های آبی و محصولات غذایی می‌تواند یکی از تهدیدات عمده برای سلامت انسان باشد. سرب یکی از مهم‌ترین فلزات سنگین است که به عنوان سم در محیط‌زیست شناخته شده است. از طرف دیگر، کادمیوم از طریق رسوبات آلودگی جوی تولید شده توسط واحدهای صنعتی، فرسایش خاک و سنگ بستر، فاضلاب تولید شده از مناطق آلوده و لجن و کودهای مورد استفاده در زمینه کشاورزی، وارد اکوسیستم آبی می‌شود. با توجه با افزایش کاربرد صنعتی فلزات سنگین فوق و اثرات خطرناک سمی و محیطی آن‌ها، طراحی یک روش جدید برای تعیین آن‌ها بسیار مهم خواهد بود. در این تحقیق ما یک حسگر الکتروشیمیایی ساده و ارزان بر اساس اصلاح الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با نانوکامپوزیت  $\text{Eu}^{3+}$  doped-NiO معرفی کرده و از آن برای تعیین سرب و کادمیوم در نمونه‌های واقعی استفاده نموده‌ایم.

**روش کار:** مطالعه تجربی است که از پاییز ۱۳۹۸ تا بهار ۱۳۹۹ در دانشگاه علوم پزشکی کرمان انجام شده است. نانوکامپوزیت  $\text{Eu}^{3+}$  doped-NiO در محیط‌های آبی سنتز و سپس برای اصلاح الکتروود خمیر کربن مورد استفاده قرار گرفت. از این روش برای اندازه‌گیری کادمیوم و سرب در نمونه‌های آب استفاده گردید. میزان سرب و کادمیوم نمونه‌ها با دستگاه ICP نیز در این نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و در نهایت صحت عملکرد الکتروود مورد بررسی قرار گرفت.

**نتایج:** آنالیز XRD، EDX و SEM سنتز موفقیت‌آمیز نانوکامپوزیت  $\text{Eu}^{3+}$  doped-NiO را تأیید کردند. بامقایسه اکسیداسیون سرب و کادمیوم در خمیر کربن عریان و خمیر کربن اصلاح شده اثر اصلاح نانوکامپوزیت تأیید شد. بر اساس شرایط مطلوب، دامنه خطی ۰٫۸ تا ۱۶۵ میکروگرم بر لیتر و حد تشخیص محاسبه شده (LOD) ۰٫۱ و ۰٫۴ میکروگرم بر لیتر برای سرب و کادمیوم به ترتیب به دست آمد.

**نتیجه‌گیری:**  $\text{Eu}^{3+}$  doped NiO/CPE ویژگی‌های الکتروشیمیایی مانند شدت جریان بیشتر، انتقال الکترون مؤثرتر در مقایسه با الکتروود عریان را طبق بررسی‌های الکتروشیمیایی نشان داد. علاوه بر این  $\text{Eu}^{3+}$  doped

NiO/CPE ثبات و تکرارپذیری رضایت‌بخشی را نشان داد. کارایی الکتروود از طریق آنالیز نمونه‌های واقعی با

خروجی‌های بازیابی قابل قبول تأیید گردید.

**کلیدواژه‌ها:** سرب، کادمیوم، الکتروود خمیر کربن، نانوکامپوزیت.

## Abstract

**Introduction:** Exposure to heavy metals such as lead and cadmium in aquatic environments and food products can be one of the major threats to human health. In fact, lead is one of the most important heavy metals known as a toxin in the environment. On the other hand, cadmium enters the aquatic ecosystem through atmospheric pollution sediments produced by industrial units, soil and bedrock erosion, wastewater produced from contaminated areas and sludge and fertilizers used in agriculture. Given the increasing industrial use of these heavy metals and their toxic and environmental hazardous effects, designing a new method to determine them will be very important. In this research, we introduce a simple and inexpensive electrochemical sensor based on the modification of carbon paste electrode modified with  $\text{Eu}^{+3}$  doped-NiO nanocomposite and we have not used it to determine lead and cadmium in real samples.

**Methods:** This is an experimental study that was conducted from autumn 1398 to spring 1399 in Kerman University of Medical Sciences. The  $\text{Eu}^{+3}$  doped-NiO nanocomposite was synthesized in aqueous media and then used to modify the carbon paste electrode. This method was used to measure cadmium and lead in water samples. Then lead and cadmium were measured by ICP in these samples and finally the accuracy of the electrode was checked.

**Results:** SEM, EDX and XRD analysis confirmed the successful synthesis of  $\text{Eu}^{3+}$  doped nanocomposite. Comparison of lead and cadmium oxidation in bare carbon paste and modified carbon paste confirmed the modification effect of nanocomposite. Under optimal conditions, the linear range was 0.8 to 165  $\mu\text{g/L}$  and the limit of detection (LOD) was 0.1 and 0.4  $\mu\text{g/L}$  for lead and cadmium, respectively.

**Conclusion:** According to electrochemical studies,  $\text{Eu}^{3+}$  doped NiO/CPE showed electrochemical properties such as higher current intensity, more efficient electron transfer compared to bare electrode. In addition,  $\text{Eu}^{+3}$  doped NiO/CPE showed satisfactory stability and reproducibility. In addition, the performance of the electrode was confirmed by analyzing real samples with acceptable recovery outputs.

**Keywords:** Pb (II); Cd (II); Modified Electrode;  $\text{Eu}^{3+}$  doped NiO

## فهرست مندرجات

| عنوان                     | صفحه |
|---------------------------|------|
| فهرست جداول.....          | ی    |
| فهرست شکل ها.....         | ک    |
| فهرست کوتاه‌نوشته‌ها..... | ن    |
| چکیده.....                | أ    |

## فصل اول: مقدمه و اهداف

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| مقدمه.....                                   | ۲  |
| ۱-۱ بیان مسئله و اهمیت موضوع.....            | ۲  |
| ۱-۲ اهداف طرح.....                           | ۵  |
| ۱-۲-۱ هدف کلی طرح.....                       | ۵  |
| ۱-۲-۲ اهداف اختصاصی یا ویژه طرح.....         | ۵  |
| ۱-۲-۳ هدف کاربردی.....                       | ۶  |
| ۱-۳ فرضیات یا سؤالات پژوهش.....              | ۶  |
| ۱-۴ محیط‌زیست.....                           | ۶  |
| ۱-۵ تعریف آلودگی.....                        | ۷  |
| ۱-۶ آلودگی خاک.....                          | ۷  |
| ۱-۷ آلودگی هوا.....                          | ۸  |
| ۱-۸ آلودگی آب.....                           | ۸  |
| ۱-۹ فلزات سنگین.....                         | ۹  |
| ۱-۹-۱ نحوه ورود فلزات سنگین به اکوسیستم..... | ۱۰ |
| ۱-۹-۲ نحوه اندازه‌گیری آلاینده.....          | ۱۰ |
| ۱-۱۰ مقدمه‌ای بر الکتروشیمی.....             | ۱۰ |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ۱۱-۱ حسگرها.....                                                                    | ۱۳ |
| ۱-۱۱-۱ تعریف و اجزای حسگرها.....                                                    | ۱۳ |
| ۱-۱۱-۲ مواد مورد استفاده در ساخت حسگرها.....                                        | ۱۴ |
| ۱-۱۱-۳ طبقه‌بندی حسگرها.....                                                        | ۱۶ |
| ۱-۱۱-۳-۱ حسگرهای گرمایی.....                                                        | ۱۷ |
| ۱-۱۱-۳-۲ حسگرهای جرمی.....                                                          | ۱۸ |
| ۱-۱۱-۳-۳ حسگرهای نوری شیمیایی.....                                                  | ۱۹ |
| ۱-۱۱-۳-۴ سنسورهای الکتروشیمیایی.....                                                | ۱۹ |
| ۱۱-۴ فرآیندهای الکتروشیمیایی.....                                                   | ۲۰ |
| ۱۲-۱ انواع الکترودها.....                                                           | ۲۲ |
| ۱-۱۲-۱ الکترودهای کربنی.....                                                        | ۲۲ |
| ۱-۱۲-۲ الکترودهای کربن شیشه‌ای.....                                                 | ۲۲ |
| ۱-۱۲-۳ الکترودهای صفحه چاپی.....                                                    | ۲۳ |
| ۱-۱۲-۴ الکترودهای خمیر کربن.....                                                    | ۲۴ |
| ۱-۱۲-۴-۱ مزایای الکترودهای خمیر کربن.....                                           | ۲۵ |
| ۱-۱۳ الکترودهای اصلاح شده شیمیایی و موارد استفاده آن‌ها در الکتروشیمی تجزیه‌ای..... | ۲۶ |
| ۱-۱۴ روش‌های اصلاح الکترودها.....                                                   | ۲۶ |
| ۱-۱۵ فعال‌سازی سطح الکترودها و انواع آن.....                                        | ۲۷ |
| ۱-۱۶ الکتروکاتالیز.....                                                             | ۲۸ |
| ۱-۱۷ نانوتکنولوژی.....                                                              | ۲۹ |
| ۱-۱۸ نانوذرات.....                                                                  | ۳۰ |
| ۱-۱۸-۱ روش‌های تولید نانوذرات.....                                                  | ۳۱ |
| ۱-۱۸-۱-۱ چگالش از بخار.....                                                         | ۳۱ |



|    |                                      |
|----|--------------------------------------|
| ۳۲ | ۱-۱۸-۱-۲ سنتز شیمیایی                |
| ۳۲ | ۱-۱۸-۱-۳ فرایندهای حالت جامد         |
| ۳۲ | ۱-۱۸-۲ نحوه تعیین مشخصات نانوذرات    |
| ۳۲ | ۱-۱۸-۳ زمینه‌های کاربرد نانوذرات     |
| ۳۳ | ۱-۱۹ نانوکامپوزیت‌ها                 |
| ۳۴ | ۱-۱۹-۱ طبقه‌بندی نانوکامپوزیت‌ها     |
| ۳۴ | ۱-۱۹-۲ نانوکامپوزیت‌های پایه پلیمری  |
| ۳۵ | ۱-۱۹-۳ نانوکامپوزیت‌های پایه سرامیکی |
| ۳۵ | ۱-۱۹-۴ نانوکامپوزیت‌های پایه فلزی    |
| ۳۶ | ۱-۲۰ نانوکامپوزیت $Eu^{3+}/NiO$      |
| ۳۷ | ۱-۲۱ انواع تکنیک‌های الکتروشیمیایی   |
| ۳۷ | ۱-۲۱-۱ پتانسیو استاتیک               |
| ۳۷ | ۲-۲۱-۱ پلاروگرافی                    |
| ۳۸ | ۱-۲۱-۳ کرنوآمپرومتری                 |
| ۳۹ | ۱-۲۱-۴ ولتامتری                      |
| ۴۰ | ۱-۲۱-۴-۱ انواع ولتامتری              |
| ۴۳ | ۱-۲۲ سرب                             |
| ۴۴ | ۱-۲۲-۱ مصارف تجاری فلز سرب           |
| ۴۵ | ۱-۲۳ کادمیوم                         |

## فصل دوم: بررسی متون

|    |                           |
|----|---------------------------|
| ۴۸ | ۲-۱ حسگرهای الکتروشیمیایی |
| ۴۹ | ۲-۲ سرب                   |

|    |                                         |
|----|-----------------------------------------|
| ۴۹ | ۲-۲-۱ منابع قرار گرفتن در معرض سرب..... |
| ۵۰ | ۲-۲-۲ کاربردهای سرب.....                |
| ۵۰ | ۲-۲-۳ اثرات زیست محیطی سرب.....         |
| ۵۱ | ۲-۳ کادمیوم.....                        |
| ۵۲ | ۲-۳-۱ کاربردهای کادمیوم.....            |
| ۵۲ | ۲-۳-۲ اثرات زیست محیطی کادمیوم.....     |
| ۵۲ | ۲-۴ سابقه تحقیق.....                    |
| ۵۲ | ۲-۴-۱ مطالعات خارجی.....                |
| ۵۵ | ۲-۴-۲ مطالعات داخلی.....                |

## فصل سوم: مواد و روش‌ها

|    |                                                         |
|----|---------------------------------------------------------|
| ۵۸ | ۳-۱ خلاصه مشخصات پژوهشی.....                            |
| ۵۸ | ۳-۲ زمان و مکان اجرای مطالعه.....                       |
| ۵۹ | ۳-۳ مواد شیمیایی مورد استفاده.....                      |
| ۶۰ | ۳-۴ مشخصات دستگاه‌های مورد استفاده.....                 |
| ۶۰ | ۳-۵ روش کار.....                                        |
| ۶۰ | ۳-۵-۱ تهیه محلول بافر استات ۰/۱ مولار.....              |
| ۶۰ | ۳-۵-۲ تهیه محلول استوک سرب و کادمیوم.....               |
| ۶۱ | ۳-۵-۳ تهیه نانوذره.....                                 |
| ۶۱ | ۳-۵-۳-۱ سنتز $\text{Eu}^{3+}$ -doped NiO.....           |
| ۶۱ | ۳-۶ ساخت الکتروود کربنی.....                            |
| ۶۲ | ۳-۶-۱ میکروسکوپ الکترونی روبشی.....                     |
| ۶۳ | ۳-۶-۲ میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی مدل MIRA3-XMU..... |
| ۶۴ | ۳-۶-۳ آنالیز پراش اشعه X (XRD).....                     |

|    |                                                                       |
|----|-----------------------------------------------------------------------|
| ۶۵ | ۳-۶-۴ دستگاه ولتامتری                                                 |
| ۶۵ | ۳-۷ آنالیز الکتروشیمیایی نانوکامپوزیت                                 |
| ۶۵ | ۳-۸ بررسی رفتار الکتروشیمیایی سرب و کادمیوم در سطح الکتروده بهینه شده |
| ۶۵ | ۳-۹ بهینه کردن شرایط اندازه‌گیری                                      |
| ۶۶ | ۳-۱۰ رسم منحنی کالبراسیون سرب و کادمیوم با استفاده از تکنیک (SWASV)   |
| ۶۶ | ۳-۱۱ آماده‌سازی نمونه واقعی                                           |
| ۶۸ | ۳-۱۲ آنالیز نمونه‌ها حقیقی                                            |
| ۶۸ | ۳-۱۳ بررسی تکرارپذیری و پایداری الکتروده ساخته شده                    |
| ۶۸ | ۳-۱۴ بررسی تداخل سایر مواد در تعیین سرب و کادمیوم                     |
| ۶۹ | ۳-۱۵ مقایسه عملکرد الکتروده اصلاح شده در برابر روش ICP                |

## فصل چهارم: نتایج

|    |                                                                       |
|----|-----------------------------------------------------------------------|
| ۷۱ | ۴-۱ بررسی خصوصیات نانوکامپوزیت $\text{Eu}^{3+}$ DOPED/NiO             |
| ۷۱ | ۴-۱-۱ آنالیز XRD                                                      |
| ۷۲ | ۴-۱-۲ آنالیز SEM                                                      |
| ۷۳ | ۴-۱-۳ آنالیز EDS و Mapping                                            |
| ۷۴ | ۴-۱-۴ آنالیز الکتروشیمیایی نانوکامپوزیت                               |
| ۷۵ | ۴-۲ بررسی رفتار الکتروشیمیایی سرب و کادمیوم در سطح الکتروده بهینه شده |
| ۷۶ | ۴-۳ بهینه کردن شرایط اندازه‌گیری                                      |
| ۷۸ | ۴-۴ آنالیز مربوط به حساسیت الکتروده بهینه شده                         |
| ۸۱ | ۴-۵ آنالیز نمونه‌های حقیقی                                            |
| ۸۳ | ۴-۶ بررسی تکرارپذیری پاسخ پایداری و تکرارپذیری ساخت الکتروده          |
| ۸۴ | ۴-۷ بررسی انتخاب‌پذیری الکتروده                                       |

## فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری

- ۵-۱ بررسی مورفولوژی نانوکامپوزیت  $\text{Eu}^{3+}$  DOPED/NiO ..... ۸۷
- ۵-۱-۱ آنالیز XRD ..... ۸۷
- ۵-۱-۲ آنالیز الکتروشیمیایی الکتروود اصلاح شده  $\text{Eu}^{3+}$  doped NiO ..... ۸۸
- ۵-۱-۳ بررسی رفتار الکتروشیمیایی کادمیوم و سرب روی سطح الکتروود اصلاح شده ..... ۸۸
- ۵-۱-۴ بهینه کردن پارامترهای آزمایش ..... ۸۹
- ۵-۱-۵ بررسی تجزیه‌ای الکتروود اصلاح شده ..... ۹۰
- ۵-۱-۶ آنالیز نمونه‌های واقعی ..... ۹۱
- ۵-۱-۸ بررسی تکرارپذیری اندازه‌گیری و پایداری الکتروود بهینه شده ..... ۹۲
- ۵-۱-۹ بررسی اثر مزاحمت ..... ۹۳
- ۵-۲ پیشنهادات ..... ۹۳
- منابع و مأخذ ..... ۶۹

1. Geng, H.-X. and L. Wang, *Cadmium: toxic effects on placental and embryonic development*. Environmental toxicology and pharmacology, 2019. 67: p. 102-107.
2. Ashraf, U., et al., *Lead (Pb) distribution and accumulation in different plant parts and its associations with grain Pb contents in fragrant rice*. Chemosphere, 2020. 248: p. 126003.
3. Bowman, N., et al., *Lead-resistant bacteria from Saint Clair River sediments and Pb removal in aqueous solutions*. Applied microbiology and biotechnology, 2018. 102(5): p. 2391-2398.
4. Rizwan, M., et al., *Cadmium phytoremediation potential of Brassica crop species: a review*. Science of the Total Environment, 2018. 631: p. 1175-1191.
5. Zhang, H. and M. Reynolds, *Cadmium exposure in living organisms: A short review*. Science of the Total Environment, 2019. 678: p. 761-767.
6. Qiao, J., et al., *EDTA-assisted leaching of Pb and Cd from contaminated soil*. Chemosphere, 2017. 167: p. 422-428.
7. Qin, H., et al., *The improved methods of heavy metals removal by biosorbents: A review*. Environmental Pollution, 2020. 258: p. 113777.
8. Rahimnejad, M., R.A. Abdulkareem, and G. Najafpour, *Determination of Diazinon in fruit samples using electrochemical sensor based on carbon nanotubes modified carbon paste electrode*. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2019. 20: p. 101245.
9. Riojas, A.A.C., et al., *Development of a new electrochemical sensor based on silver sulfide nanoparticles and hierarchical porous carbon modified carbon paste electrode for determination of cyanide in river water samples*. Sensors and Actuators B: Chemical, 2019. 287: p. 544-550.
10. Qu, P., et al., *Foamed urea-formaldehyde microspheres for removal of heavy metals from aqueous solutions*. Chemosphere, 2020. 241: p. 125004.
11. Mohan, R., M.P. Ghosh, and S. Mukherjee, *The exchange bias effect in CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/NiO nanocomposites prepared by chemical co-precipitation method*. Materials Research Express, 2019. 6(5): p. 056105.
12. Mason, L.H., J.P. Harp, and D.Y. Han, *Pb neurotoxicity: neuropsychological effects of lead toxicity*. BioMed research international, 2014. 2014.
13. Maloney, B., et al., *Latent consequences of early-life lead (Pb) exposure and the future: Addressing the Pb crisis*. NeuroToxicology, 2018. 68: p. 126-132.
14. Ma, J., et al., *Rice husk derived double network hydrogel as efficient adsorbent for Pb (II), Cu (II) and Cd (II) removal in individual and multicomponent systems*. Bioresource technology, 2019. 290: p. 121793.
15. Manasa, G., et al., *An electrochemical Bisphenol F sensor based on ZnO/G nano composite and CTAB surface modified carbon paste electrode architecture*. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2018. 170: p. 144-151.
16. Massos, A. and A. Turner, *Cadmium, lead and bromine in beached microplastics*. Environmental Pollution, 2017. 227: p. 139-145.
17. Parashuram, L., et al., *A non-enzymatic electrochemical sensor based on ZrO<sub>2</sub>: Cu (I) nanosphere modified carbon paste electrode for electro-catalytic oxidative detection of glucose in raw Citrus aurantium var. sinensis*. Food chemistry, 2019. 300: p. 125178.
18. Park, C.M., et al., *Evaluation of the colloidal stability and adsorption performance of reduced graphene oxide–elemental silver/magnetite nanohybrids for selected toxic heavy metals in aqueous solutions*. Applied Surface Science, 2019. 471: p. 8-17.
19. Radi, S., et al., *New hybrid adsorbent based on porphyrin functionalized silica for heavy metals removal: synthesis, characterization, isotherms, kinetics and thermodynamics studies*. Journal of hazardous materials, 2019. 370: p. 80-90.

20. Madhuchandra, H. and B.K. Swamy, *Electrochemical Determination of Adrenaline and Uric acid at 2-Hydroxybenzimidazole Modified Carbon Paste Electrode Sensor: A Voltammetric Study*. Materials Science for Energy Technologies, 2020.
21. Zhu, X., et al., *The immobilization effects on Pb, Cd and Cu by the inoculation of organic phosphorus-degrading bacteria (OPDB) with rapeseed dregs in acidic soil*. Geoderma, 2019. 350: p. 1-10.
22. Zhu, J., et al., *Low-temperature solid-state synthesis and luminescent performance of a novel Li<sub>2</sub>NaBP<sub>2</sub>O<sub>8</sub>-based phosphor activated with europium (III)*. Ceramics International, 2020. 46(1): p. 844-849.
23. Yukird, J., et al., *ZnO@ graphene nanocomposite modified electrode for sensitive and simultaneous detection of Cd (II) and Pb (II)*. Synthetic Metals, 2018. 245: p. 251-259.
24. Yao, W.-M., et al., *Review of particle physics*. Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, 2006. 33(1): p. 001.
25. Wang, R., et al., *Pectin-based adsorbents for heavy metal ions: A review*. Trends in Food Science & Technology, 2019. 91: p. 319-329.
26. Wang, D., et al., *Phytic acid/graphene oxide nanocomposites modified electrode for electrochemical sensing of dopamine*. Materials Science and Engineering: C, 2017. 71: p. 1086-1089.
27. Waheed, A., M. Mansha, and N. Ullah, *Nanomaterials-based electrochemical detection of heavy metals in water: current status, challenges and future direction*. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2018. 105: p. 37-51.
28. Tang, J., et al., *Biosurfactants enhanced heavy metals removal from sludge in the electrokinetic treatment*. Chemical Engineering Journal, 2018. 334: p. 2579-2592.
29. Sun, Y., et al., *In situ stabilization remediation of cadmium (Cd) and lead (Pb) co-contaminated paddy soil using bentonite*. Applied Clay Science, 2015. 105: p. 200-206.
30. Sherlala, A., et al., *Adsorption of arsenic using chitosan magnetic graphene oxide nanocomposite*. Journal of environmental management, 2019. 246: p. 547-556.
31. Shahamirifard, S.A., et al., *A simple ultrasensitive electrochemical sensor for simultaneous determination of gallic acid and uric acid in human urine and fruit juices based on zirconia-choline chloride-gold nanoparticles-modified carbon paste electrode*. Biosensors and Bioelectronics, 2018. 114: p. 30-36.
32. Rai, P.K., et al., *Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management*. Environment International, 2019. 125: p. 365-385.
33. Pinyorosphathum, C., et al., *Colorimetric sensor for determination of phosphate ions using anti-aggregation of 2-mercaptoethanesulfonate-modified silver nanoplates and europium ions*. Sensors and Actuators B: Chemical, 2019. 290: p. 226-232.
34. Penagos-Llanos, J., et al., *Simultaneous determination of tartrazine, sunset yellow and allura red in foods using a new cobalt-decorated carbon paste electrode*. Journal of Electroanalytical Chemistry, 2019. 852: p. 113517.
35. Nontawong, N., et al., *Novel amperometric flow-injection analysis of creatinine using a molecularly-imprinted polymer coated copper oxide nanoparticle-modified carbon-paste-electrode*. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 2019. 175: p. 112770.
36. Li, H., et al., *Cadmium in rice: transport mechanisms, influencing factors, and minimizing measures*. Environmental Pollution, 2017. 224: p. 622-630.
37. Kim, E., et al., *Selective leaching of Pb, Cu, Ni and Zn from secondary lead smelting residues*. Hydrometallurgy, 2017. 169: p. 372-381.

38. Hua, W., et al., *Hierarchically structural PAN/UiO-66-(COOH) 2 nanofibrous membranes for effective recovery of Terbium (III) and Europium (III) ions and their photoluminescence performances*. Chemical Engineering Journal, 2019. 370: p. 729-741.
39. Fang, L., et al., *Application of signaling molecules in reducing metal accumulation in alfalfa and alleviating metal-induced phytotoxicity in Pb/Cd-contaminated soil*. Ecotoxicology and environmental safety, 2019. 182: p. 109459.
40. Fan, H., et al., *Highly efficient removal of heavy metal ions by carboxymethyl cellulose-immobilized Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles prepared via high-gravity technology*. Carbohydrate polymers, 2019. 213: p. 39-49.
41. Dai, H., et al., *An electrochemical sensor based on phytic acid functionalized polypyrrole/graphene oxide nanocomposites for simultaneous determination of Cd (II) and Pb (II)*. Chemical Engineering Journal, 2016. 299: p. 150-155.
42. Shahamirifard, S.A. and M. Ghaedi, *A new electrochemical sensor for simultaneous determination of arbutin and vitamin C based on hydroxyapatite-ZnO-Pd nanoparticles modified carbon paste electrode*. Biosensors and Bioelectronics, 2019. 141: p. 111474.
43. Lu, K., et al., *Effect of bamboo and rice straw biochars on the mobility and redistribution of heavy metals (Cd, Cu, Pb and Zn) in contaminated soil*. Journal of environmental management, 2017. 186: p. 285-292.
44. Levin, R., et al., *The Urban Lead (Pb) Burden in Humans, Animals and the Natural Environment*. Environmental Research, 2020: p. 110377.
45. Laghrib, F., et al., *Voltammetric determination of nitro compound 4-nitroaniline in aqueous medium at chitosan gelified modified carbon paste electrode (CS@ CPE)*. International journal of biological macromolecules, 2019. 131: p. 1155-1161.
46. Kazantzi, V., et al., *Fabric fiber sorbent extraction for on-line toxic metal determination by atomic absorption spectrometry: Determination of lead and cadmium in energy and soft drinks*. Microchemical Journal, 2018. 137: p. 285-291.
47. Zeid, E.A., et al., *Mixed oxides CuO-NiO fabricated for selective detection of 2-Aminophenol by electrochemical approach*. Journal of Materials Research and Technology, 2020. 9(2): p. 1457-1467.
48. Yi, I-G., et al., *Synthesis of an oxidized mesoporous carbon-based magnetic composite and its application for heavy metal removal from aqueous solutions*. Microporous and Mesoporous Materials, 2019. 279: p. 45-52.
49. Šrut, M., et al., *Earthworms and cadmium-Heavy metal resistant gut bacteria as indicators for heavy metal pollution in soils?* Ecotoxicology and environmental safety, 2019. 171: p. 843-853.
50. Chen, Q., et al., *A multi-functional-group modified cellulose for enhanced heavy metal cadmium adsorption: Performance and quantum chemical mechanism*. Chemosphere, 2019. 224: p. 509-518.
51. CHEN, Z.-l., et al., *Removal of Cd and Pb with biochar made from dairy manure at low temperature*. Journal of integrative agriculture, 2019. 18(1): p. 201-210.
52. Barst, B.D., et al., *Subcellular distributions of trace elements (Cd, Pb, As, Hg, Se) in the livers of Alaskan yelloweye rockfish (Sebastes ruberrimus)*. Environmental Pollution, 2018. 242: p. 63-72.
53. Albert, Q., et al., *Comparison of tolerance and biosorption of three trace metals (Cd, Cu, Pb) by the soil fungus Absidia cylindrospora*. Chemosphere, 2018. 196: p. 386-392.
54. Ahmad, Z., et al., *Removal of Cu (II), Cd (II) and Pb (II) ions from aqueous solutions by biochars derived from potassium-rich biomass*. Journal of cleaner production, 2018. 180: p. 437-449.

55. Deepa, S., B.K. Swamy, and K.V. Pai, *Electrochemical sensing performance of citicoline sodium modified carbon paste electrode for determination of dopamine and serotonin*. Materials Science for Energy Technologies, 2020. 3: p. 584-592.
56. Feist, B. and R. Sitko, *Method for the determination of Pb, Cd, Zn, Mn and Fe in rice samples using carbon nanotubes and cationic complexes of batophenanthroline*. Food chemistry, 2018. 249: p. 38-44.
57. Liu, X., et al., *Black liquor-derived calcium-activated biochar for recovery of phosphate from aqueous solutions*. Bioresource technology, 2019. 294: p. 122198.
58. Liu, Q., et al., *Characterization of goethite-fulvic acid composites and their impact on the immobility of Pb/Cd in soil*. Chemosphere, 2019. 222: p. 556-563.
59. Li, X., et al., *Combined toxicity and detoxification of lead, cadmium and arsenic in Solanum nigrum L*. Journal of hazardous materials, 2020. 389: p. 121874.
60. Karimi-Maleh, H. and O.A. Arotiba, *Simultaneous determination of cholesterol, ascorbic acid and uric acid as three essential biological compounds at a carbon paste electrode modified with copper oxide decorated reduced graphene oxide nanocomposite and ionic liquid*. Journal of colloid and interface science, 2020. 560: p. 208-212.
61. Kutrowska, A., et al., *Effects of binary metal combinations on zinc, copper, cadmium and lead uptake and distribution in Brassica juncea*. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2017. 44: p. 32-39.
62. Joseph, L., et al., *Removal of heavy metals from water sources in the developing world using low-cost materials: A review*. Chemosphere, 2019. 229: p. 142-159.
63. Redovniković, I.R., et al., *Poplar response to cadmium and lead soil contamination*. Ecotoxicology and environmental safety, 2017. 144: p. 482-489.
64. Rapp, I., et al., *Automated preconcentration of Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Co, and Mn in seawater with analysis using high-resolution sector field inductively-coupled plasma mass spectrometry*. Analytica Chimica Acta, 2017. 976: p. 1-13.
65. Qin, P., et al., *Bamboo-and pig-derived biochars reduce leaching losses of dibutyl phthalate, cadmium, and lead from co-contaminated soils*. Chemosphere, 2018. 198: p. 450-459.
66. Pramanik, K., et al., *Alleviation of phytotoxic effects of cadmium on rice seedlings by cadmium resistant PGPR strain Enterobacter aerogenes MCC 3092*. Journal of hazardous materials, 2018. 351: p. 317-329.
67. Piotto, F.A., et al., *Estimating tomato tolerance to heavy metal toxicity: cadmium as study case*. Environmental Science and Pollution Research, 2018. 25(27): p. 27535-27544.
68. Paz, S., et al., *Toxic metals (Al, Cd, Pb and Hg) in the most consumed edible seaweeds in Europe*. Chemosphere, 2019. 218: p. 879-884.
69. Park, J.H., et al., *Kinetics of the reduction and oxidation of Mg added NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> for chemical looping combustion*. Chemical Engineering Research and Design, 2019. 141: p. 481-491.
70. Göde, C., et al., *A novel electrochemical sensor based on calixarene functionalized reduced graphene oxide: application to simultaneous determination of Fe (III), Cd (II) and Pb (II) ions*. Journal of colloid and interface science, 2017. 508: p. 525-531.
71. Ghalehno, M.H., M. Mirzaei, and M. Torkzadeh-Mahani, *Electrochemical aptasensor for activated protein C using a gold nanoparticle–Chitosan/graphene paste modified carbon paste electrode*. Bioelectrochemistry, 2019. 130: p. 107322.
72. Flora, S.J. and S. Agrawal, *Arsenic, cadmium, and lead*, in *Reproductive and developmental toxicology* 2017, Elsevier. p. 537-566.



73. Ferrante, M., et al., *In vivo exposure of the marine sponge Chondrilla nucula Schmidt, 1862 to cadmium (Cd), copper (Cu) and lead (Pb) and its potential use for bioremediation purposes*. Chemosphere, 2018. 193: p. 1049-1057.
74. Fang, L., et al., *Exogenous application of signaling molecules to enhance the resistance of legume-rhizobium symbiosis in Pb/Cd-contaminated soils*. Environmental Pollution, 2020: p. 114744.
75. Duan, C., et al., *Removal of heavy metals from aqueous solution using carbon-based adsorbents: A review*. Journal of Water Process Engineering, 2020. 37: p. 101339.
76. Amani-Beni, Z. and A. Nezamzadeh-Ejhi, *NiO nanoparticles modified carbon paste electrode as a novel sulfasalazine sensor*. Analytica Chimica Acta, 2018. 1031: p. 47-59.
77. Maleki, A., et al., *A green, porous and eco-friendly magnetic geopolymer adsorbent for heavy metals removal from aqueous solutions*. Journal of cleaner production, 2019. 215: p. 1233-1245.
78. Madhuchandra, H. and B.K. Swamy, *Poly (vanillin) modified carbon paste electrode for the determination of adrenaline: A voltammetric study*. Materials Science for Energy Technologies, 2019. 2(3): p. 697-702.
79. Lu, S., et al., *Trash to treasure: A novel chemical route to synthesis of NiO/C for hydrogen production*. International Journal of Hydrogen Energy, 2019. 44(31): p. 16144-16153.
80. Li, S., et al., *Performance evaluation and microbial community of a sequencing batch reactor under divalent cadmium (Cd (II)) stress*. Chemical Engineering Journal, 2018. 336: p. 325-333.
81. Hamid, Y., et al., *Comparative efficacy of organic and inorganic amendments for cadmium and lead immobilization in contaminated soil under rice-wheat cropping system*. Chemosphere, 2019. 214: p. 259-268.
82. Gurajala, H.K., et al., *Comparative assessment of Indian mustard (Brassica juncea L.) genotypes for phytoremediation of Cd and Pb contaminated soils*. Environmental Pollution, 2019. 254: p. 113085.
83. Han, R., et al., *Clean extracts from accumulator efficiently improved Solanum nigrum L. accumulating Cd and Pb in soil*. Journal of cleaner production, 2019. 239: p. 118055.
84. Chaiyo, S., et al., *High sensitivity and specificity simultaneous determination of lead, cadmium and copper using  $\mu$ PAD with dual electrochemical and colorimetric detection*. Sensors and Actuators B: Chemical, 2016. 233: p. 540-549.
85. Abbasi, H., M. Antunes, and J.I. Velasco, *Recent advances in carbon-based polymer nanocomposites for electromagnetic interference shielding*. Progress in Materials Science, 2019. 103: p. 319-373.
86. Ali, A. and S. Ahmed, *A review on chitosan and its nanocomposites in drug delivery*. International journal of biological macromolecules, 2018. 109: p. 273-286.
87. Bavio, M.A., et al., *Flexible symmetric and asymmetric supercapacitors based in nanocomposites of carbon cloth/polyaniline-carbon nanotubes*. Energy, 2017. 130: p. 22-28.
88. Wan, Y., et al., *Water management impacts on the solubility of Cd, Pb, As, and Cr and their uptake by rice in two contaminated paddy soils*. Chemosphere, 2019. 228: p. 360-369.
89. Yari, A. and A. Shams, *Silver-filled MWCNT nanocomposite as a sensing element for voltammetric determination of sulfamethoxazole*. Analytica Chimica Acta, 2018. 1039: p. 51-58.

90. Zare, Y. and K.Y. Rhee, *Simplification and development of McLachlan model for electrical conductivity of polymer carbon nanotubes nanocomposites assuming the networking of interphase regions*. Composites Part B: Engineering, 2019. 156: p. 64-71.
91. Binnemans, K., *Interpretation of europium (III) spectra*. Coordination Chemistry Reviews, 2015. 295: p. 1-45.
92. Bispo-Jr, A.G., S.A. Lima, and A.M. Pires, *Energy transfer between terbium and europium ions in barium orthosilicate phosphors obtained from sol-gel route*. Journal of Luminescence, 2018. 199: p. 372-378.
93. Danmallam, I.M., et al., *Europium ions and silver nanoparticles co-doped magnesium-zinc-sulfophosphate glasses: Evaluation of ligand field and Judd-Ofelt parameters*. Journal of Luminescence, 2019. 216: p. 116713.
94. Turchetti, D., et al., *Photo and electroluminescence behavior of a polyfluorene derivative containing complexed europium ions*. Journal of Luminescence, 2018. 201: p. 290-297.
95. Somer, G., Ş. Kalaycı, and Z. Almas, *A new, fast and sensitive method for the determination of trace amounts of nitrite using differential pulse polarography*. Nitric Oxide, 2016. 57: p. 79-84.
96. Alghamdi, A.F. and M. Messali, *Green synthesis of new ionic liquid and its electrochemical determination at some detergents and cosmetics samples using differential pulse polarography*. Journal of Molecular Liquids, 2018. 266: p. 112-117.
97. Mazurek, A., et al., *Development and validation of a differential pulse polarography method for determination of total vitamin C and dehydroascorbic acid contents in foods*. LWT, 2020. 118: p. 108828.
98. Martínez-Huitle, C.A. and M. Panizza, *Electrochemical oxidation of organic pollutants for wastewater treatment*. Current Opinion in Electrochemistry, 2018. 11: p. 62-71.
99. Kyriakou, V., et al., *Progress in the electrochemical synthesis of ammonia*. Catalysis Today, 2017. 286: p. 2-13.
100. Garcia-Segura, S., J.D. Ocon, and M.N. Chong, *Electrochemical oxidation remediation of real wastewater effluents—a review*. Process Safety and Environmental Protection, 2018. 113: p. 48-67.
101. Di, T., et al., *Hierarchically CdS–Ag<sub>2</sub>S nanocomposites for efficient photocatalytic H<sub>2</sub> production*. Applied Surface Science, 2019. 470: p. 196-204.
102. Vilas-Boas, Â., et al., *Evaluation of total polyphenol content of wines by means of voltammetric techniques: Cyclic voltammetry vs differential pulse voltammetry*. Food chemistry, 2019. 276: p. 719-725.
103. Upadhyay, S.S., P.K. Kalambate, and A.K. Srivastava, *Enantioselective analysis of moxifloxacin hydrochloride enantiomers with graphene-β-cyclodextrin-nanocomposite modified carbon paste electrode using adsorptive stripping differential pulse voltammetry*. Electrochimica Acta, 2017. 248: p. 258-269.
104. Masek, A., E. Chrzescijanska, and M. Zaborski, *Electrooxidation of morin hydrate at a Pt electrode studied by cyclic voltammetry*. Food chemistry, 2014. 148: p. 18-23.
105. Schindler, S. and T. Bechtold, *Mechanistic insights into the electrochemical oxidation of dopamine by cyclic voltammetry*. Journal of Electroanalytical Chemistry, 2019. 836: p. 94-101.
106. Cabrini, M., S. Lorenzi, and T. Pastore, *Cyclic voltammetry evaluation of inhibitors for localised corrosion in alkaline solutions*. Electrochimica Acta, 2014. 124: p. 156-164.

107. Bibi, M., et al., *Microwaves absorbing characteristics of metal ferrite/multiwall carbon nanotubes nanocomposites in X-band*. Composites Part B: Engineering, 2017. 114: p. 139-148.
108. Belova, T., *Adsorption of heavy metal ions ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{2+}$ ) from aqueous solutions by natural zeolite*. Heliyon, 2019. 5(9): p. e02320.
109. Kalambate, P.K., C.R. Rawool, and A.K. Srivastava, *Voltammetric determination of pyrazinamide at graphene-zinc oxide nanocomposite modified carbon paste electrode employing differential pulse voltammetry*. Sensors and Actuators B: Chemical, 2016. 237: p. 196-205.
110. Nawaz, M.A.H., et al., *Development of a disposable electrochemical sensor for detection of cholesterol using differential pulse voltammetry*. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 2018. 159: p. 398-405.
111. Duarte, E.H., et al., *Highly improved simultaneous herbicides determination in water samples by differential pulse voltammetry using boron-doped diamond electrode and solid phase extraction on cross-linked poly (vinylimidazole)*. Sensors and Actuators B: Chemical, 2018. 255: p. 166-175.
112. El-Banna, M.F., et al., *Sorption of lead ions onto oxidized bagasse-biochar mitigates Pb-induced oxidative stress on hydroponically grown chicory: Experimental observations and mechanisms*. Chemosphere, 2018. 208: p. 887-898.
113. Sidhu, G.P.S., et al., *Appraising the role of environment friendly chelants in alleviating lead by *Coronopus didymus* from Pb-contaminated soils*. Chemosphere, 2017. 182: p. 129-136.
114. Baranowska-Bosiacka, I., et al., *Glycogen metabolism in brain and neurons—astrocytes metabolic cooperation can be altered by pre-and neonatal lead (Pb) exposure*. Toxicology, 2017. 390: p. 146-158.
115. Hayre, C.M., et al., *Attitudes and perceptions of radiographers applying lead (Pb) protection in general radiography: an ethnographic study*. Radiography, 2018. 24(1): p. e13-e18.
116. Fontenele, N.M.B., et al., *Effect of lead on physiological and antioxidant responses in two *Vigna unguiculata* cultivars differing in Pb-accumulation*. Chemosphere, 2017. 176: p. 397-404.
117. Xu, M.-Y., et al., *Joint toxicity of chlorpyrifos and cadmium on the oxidative stress and mitochondrial damage in neuronal cells*. Food and Chemical Toxicology, 2017. 103: p. 246-252.
118. Akinyemi, A.J., et al., *Curcumin inhibits adenosine deaminase and arginase activities in cadmium-induced renal toxicity in rat kidney*. journal of food and drug analysis, 2017. 25(2): p. 438-446.
119. Greger, M., et al., *Silicate reduces cadmium uptake into cells of wheat*. Environmental Pollution, 2016. 211: p. 90-97.
120. Huo, J., et al., *Cadmium toxicokinetics in the freshwater turtle, *Chinemys reevesii**. Chemosphere, 2017. 182: p. 392-398.
121. Arshad, M., et al., *Lead phytoextraction by *Pelargonium hortorum*: Comparative assessment of EDTA and DIPA for Pb mobility and toxicity*. Science of the Total Environment, 2020. 748: p. 141496.
122. Naik, T.S.K., M.M. Mwaurah, and B.K. Swamy, *Fabrication of poly (sudan III) modified carbon paste electrode sensor for dopamine: A voltammetric study*. Journal of Electroanalytical Chemistry, 2019. 834: p. 71-78.
123. Tinkov, A.A., et al., *Gut as a target for cadmium toxicity*. Environmental Pollution, 2018. 235: p. 429-434.

124. Dehelean, A., S. Rada, and J. Zhang, *Determination of the lead environment in samarium–Lead oxide-borate glasses and vitroceraamics using XANES and EXAFS studies*. Radiation Physics and Chemistry, 2020: p. 108927.
125. Rana, K., et al., *Renal toxicity of nanoparticles of cadmium sulphide in rat*. Chemosphere, 2018. 193: p. 142-150.
126. Johansen, J.L., R. Rønn, and F. Ekelund, *Toxicity of cadmium and zinc to small soil protists*. Environmental Pollution, 2018. 242: p. 1510-1517.
127. Guo, S.-N., et al., *Effects of heat and cadmium exposure on stress-related responses in the liver of female zebrafish: Heat increases cadmium toxicity*. Science of the Total Environment, 2018. 618: p. 1363-1370.
128. Guan, M.Y., et al., *Sulfide alleviates cadmium toxicity in Arabidopsis plants by altering the chemical form and the subcellular distribution of cadmium*. Science of the Total Environment, 2018. 627: p. 663-670.
129. Gomes, S.I., et al., *High-throughput gene expression in soil invertebrate embryos–Mechanisms of Cd toxicity in Enchytraeus crypticus*. Chemosphere, 2018. 212: p. 87-94.
130. Massoud, R., et al., *Bioremediation of heavy metals in food industry: Application of Saccharomyces cerevisiae*. Electronic Journal of Biotechnology, 2019. 37: p. 56-60.
131. Vardhan, K.H., P.S. Kumar, and R.C. Panda, *A review on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives*. Journal of Molecular Liquids, 2019. 290: p. 111197.
132. Shanying, H., et al., *Morphological and physiological responses of plants to cadmium toxicity: a review*. Pedosphere, 2017. 27(3): p. 421-438.
133. Ge, L.-Q., et al., *Effects of warming on uptake and translocation of cadmium (Cd) and copper (Cu) in a contaminated soil-rice system under Free Air Temperature Increase (FATI)*. Chemosphere, 2016. 155: p. 1-8.
134. Paul, D., *Research on heavy metal pollution of river Ganga: A review*. Annals of Agrarian Science, 2017. 15(2): p. 278-286.
135. Osyczka, P. and K. Rola, *Integrity of lichen cell membranes as an indicator of heavy-metal pollution levels in soil*. Ecotoxicology and environmental safety, 2019. 174: p. 26-34.
136. Yao, Y., H. Wu, and J. Ping, *Simultaneous determination of Cd (II) and Pb (II) ions in honey and milk samples using a single-walled carbon nanohorns modified screen-printed electrochemical sensor*. Food chemistry, 2019. 274: p. 8-15.
137. Zhao, G., et al., *Sensitive stripping voltammetric determination of Cd (II) and Pb (II) by a Bi/multi-walled carbon nanotube-emeraldine base polyaniline-Nafion composite modified glassy carbon electrode*. Electrochimica Acta, 2016. 220: p. 267-275.
138. Jayadevimanoranjitham, J. and S.S. Narayanan, *A mercury free electrode based on poly O-cresophthalein complexone film matrixed MWCNTs modified electrode for simultaneous detection of Pb (II) and Cd (II)*. Microchemical Journal, 2019. 148: p. 92-101.
139. Liu, Y., et al., *Electrochemical sensor for Cd<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup> detection based on nanoporous pseudo carbon paste electrode*. Chinese Chemical Letters, 2019. 30(12): p. 2211-2215.
140. Oularbi, L., M. Turmine, and M. El Rhazi, *Preparation of novel nanocomposite consisting of bismuth particles, polypyrrole and multi-walled carbon nanotubes for simultaneous voltammetric determination of cadmium (II) and lead (II)*. Synthetic Metals, 2019. 253: p. 1-8.

141. Baghayeri, M., et al., *A novel electrochemical sensor based on a glassy carbon electrode modified with dendrimer functionalized magnetic graphene oxide for simultaneous determination of trace Pb (II) and Cd (II)*. *Electrochimica Acta*, 2019. 312: p. 80-88.
142. Baghayeri, M., et al., *A simple approach for simultaneous detection of cadmium (II) and lead (II) based on glutathione coated magnetic nanoparticles as a highly selective electrochemical probe*. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2018. 273: p. 1442-1450.
143. Shahbazi, Y., F. Ahmadi, and F. Fakhari, *Voltammetric determination of Pb, Cd, Zn, Cu and Se in milk and dairy products collected from Iran: An emphasis on permissible limits and risk assessment of exposure to heavy metals*. *Food chemistry*, 2016. 192: p. 1060-1067.
144. Boyle, C., et al., *Grain boundary segregation and thermoelectric performance enhancement of bismuth doped calcium cobaltite*. *Journal of the European Ceramic Society*, 2016. 36(3): p. 601-607.
145. Bhowmick, G., et al., *Bismuth doped TiO<sub>2</sub> as an excellent photocathode catalyst to enhance the performance of microbial fuel cell*. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2018. 43(15): p. 7501-7510.
146. Kirankumar, V.S. and S. Sumathi, *Catalytic activity of bismuth doped zinc aluminate nanoparticles towards environmental remediation*. *Materials Research Bulletin*, 2017. 93: p. 74-82.
147. Firstov, S.V., et al., *Dependence of the photobleaching on laser radiation wavelength in bismuth-doped germanosilicate fibers*. *Journal of Luminescence*, 2017. 182: p. 87-90.
148. Li, B., et al., *Novel sensitive amperometric hydrogen peroxide sensor using layered hierarchical porous  $\alpha$ -MoO<sub>3</sub> and GO modified glass carbon electrode*. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2019. 288: p. 641-648.
149. Mettakoonpitak, J., et al., *AgNP/Bi/Nafion-modified Disposable Electrodes for Sensitive Zn (II), Cd (II), and Pb (II) Detection in Aerosol Samples*. *Electroanalysis*, 2017. 29(3): p. 880-889.
150. Priya, T., et al., *Ultra sensitive detection of Cd (II) using reduced graphene oxide/carboxymethyl cellulose/glutathione modified electrode*. *Carbohydrate polymers*, 2018. 197: p. 366-374.
151. Kao, M.-C., H.-Z. Chen, and S.-L. Young, *The microstructure and ferroelectric properties of Sm and Ta-doped bismuth titanate ferroelectric thin films*. *Thin Solid Films*, 2013. 529: p. 143-146.
152. Pal, I., et al., *Investigation of spectroscopic properties, structure and luminescence spectra of Sm<sup>3+</sup> doped zinc bismuth silicate glasses*. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2013. 101: p. 74-81.
153. Rajesh, D., Y. Ratnakaram, and A. Balakrishna, *Er<sup>3+</sup>-doped strontium lithium bismuth borate glasses for broadband 1.5  $\mu$ m emission—Structural and optical properties*. *Journal of Alloys and Compounds*, 2013. 563: p. 22-27.
154. Tashkhourian, J., et al., *Simultaneous determination of hydroquinone and catechol at gold nanoparticles mesoporous silica modified carbon paste electrode*. *Journal of hazardous materials*, 2016. 318: p. 117-124.
155. Mohammadzadeh, M., M. Ajami, and M. Rezvanifard, *A study of neutron activation analysis compared to inductively coupled plasma atomic emission spectrometry for geological samples in Iran*. *Nuclear Engineering and Technology*, 2018. 50(8): p. 1349-1354.

